

POLA DISTRIBUSI HUJAN JAM-JAMAN DAERAH MINAHASA SELATAN DAN TENGGARA

Jeffrey Swingly Frans Sumarauw

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: jeffrysumarauw@ymail.com

Abstract

Design rainfall is an input for analyzing the ungagged cathment design flood. Daily rainfall should be transformed into hourly rainfall. Transforming the daily rainfall to hourly rainfall by using the Storm Pattern of each own area. Until now there is no research about Storm Pattern of South Minahasa and South East Minahasa area therefor in design flood analysis still using the Storm Pattern from another area. The aim of this research is to get the Storm Pattern of the South Minahasa and the South East Minahasa area. The hourly rainfall data from 2003 to 2014 was taken from the Automatic Rain gage station at Tumani-Tompasobaru station, Buyat station, and Noongan station. Data was analyzed by using Statistics Methods. The rainfall data that used is the rainfall that has depth more than 50 mm in one rainfall series. Data is analyzed to get the frequency of each rainfall duration and then determine the rainfall duration that can represent the storm pattern of the research area. The result shows that the duration of storm pattern of this area is six to ten hours which 63% in first hour, 8% in second hour, 19% in third hour, 7% in fourth hour, 2% in fifth hour and 1% in sixth to tenth hour.

Keywords: rainfall, pattern

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam analisis debit rencana untuk *ungagged catchment*, masukan hujan di Daerah Aliran Sungai (DAS) berupa hujan rencana ditransformasikan menjadi hasil keluaran berupa debit rencana di sungai. Hujan rencana yang didapatkan dari analisis frekwensi, berupa hujan harian. Hujan rencana harian harus dirubah menjadi hujan jam-jaman untuk analisis debit rencana. Salah satu cara untuk merubah hujan harian menjadi hujan jam-jaman adalah dengan mendistribusikannya mengikuti pola distribusi hujan dari daerah setempat. Saat ini, belum ada penelitian tentang pola hujan untuk daerah Sulawesi Utara. Analisis yang dilakukan saat ini, masih menggunakan pola distribusi hujan daerah Jawa, yang polanya belum tentu sesuai. Untuk itu perlu mengetahui pola hujan untuk daerah Sulawesi Utara, sehingga dalam analisis transformasi hujan harian menjadi hujan jam-jaman untuk DAS di daerah ini, dapat menggunakan pola hujan daerah Sulawesi Utara.

Perumusan Masalah

Permasalahan saat ini yaitu belum tersedianya pola hujan untuk daerah Sulawesi Utara, untuk analisis masih menggunakan pola hujan daerah Jawa yang polanya belum tentu

sama, sehingga hasil yang didapatkan juga belum tentu sesuai.

Tujuan

Mendapatkan pola hujan daerah Sulawesi Utara.

Manfaat

Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat dan membantu perencana di daerah Sulawesi Utara, dalam menganalisis hujan jam-jaman, dapat menggunakan pola hujan daerah Sulawesi Utara sehingga hasilnya akan lebih sesuai dengan daerah setempat dan pada akhirnya akan menghasilkan analisis debit rencana sungai di daerah Sulawesi Utara lebih akurat.

TINJAUAN PUSTAKA

Hyetograph Hujan Rencana

Dalam perhitungan banjir rencana, diperlukan masukan berupa hujan rencana yang didistribusikan ke dalam kedalaman hujan jam-jaman (*hyetograph*). Untuk dapat mengubah hujan rencana ke dalam besaran hujan jam-jaman perlu didapatkan terlebih dahulu suatu pola distribusi hujan jam-jaman. Untuk mendapatkan pola distribusi hujan jam-jaman dapat dilakukan dengan beberapa cara antara

lain: apabila hanya tersedia data hujan harian, untuk mendapatkan kedalaman hujan jam-jaman dari hujan rencana dapat menggunakan model distribusi hujan. Model distribusi hujan yang telah dikembangkan untuk mengalihragamkan hujan harian ke hujan jam-jaman antara lain yaitu model distribusi hujan seragam, segitiga, dan *Alternating Block Method* (ABM) (Chow et. Al., 1988).

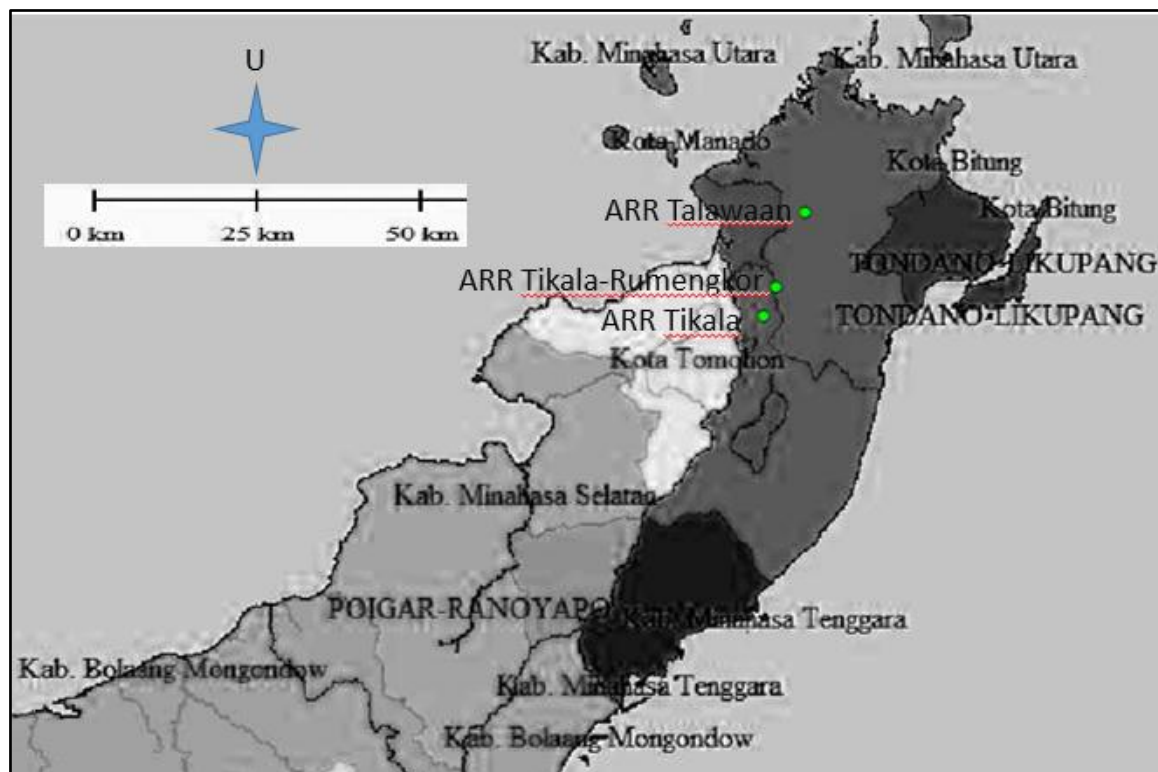
Penurunan Distribusi Hujan

Jika terdapat data hujan dari pos hujan otomatis maka pola distribusi hujan jam-jaman untuk keperluan perancangan bisa didapat dengan melakukan pengamatan dari kejadian kejadian hujan besar. Dengan merata ratakan pola distribusi hujan hasil pengamatan, kemudian didapatkan pola distribusi rata rata yang selanjutnya dapat dianggap mewakili kondisi hujan dan dipakai sebagai pola untuk mendistribusikan hujan rencana menjadi besaran hujan jam-jaman.

Tadashi Tanimoto (1969) mengembangkan distribusi hujan jam-jaman yang dapat

digunakan di Pulau Jawa, seperti ditunjukkan pada table 1 dan gambar 2.

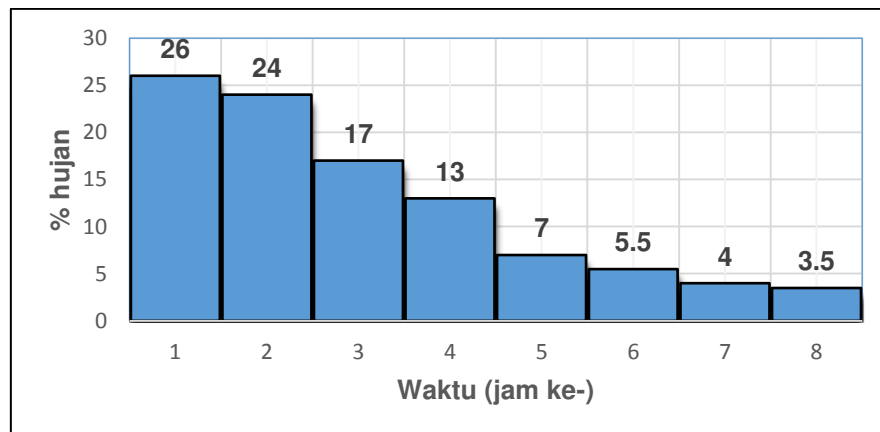
Dengan menganalisis data kejadian kejadian hujan terukur, maka tipikal waktu pengulangan hujan bisa didapatkan. Huff (1967) mendapatkan hubungan antara waktu dan distribusi untuk hujan besar pada daerah seluas lebih dari 400 mi² di Illinois. Pola distribusi waktu dibagi dalam empat kelompok kemungkinan, dari yang paling kering pada kelompok pertama sampai yang paling basah pada kelompok keempat. Gambar 3 menunjukkan histogram histogram terpilih dari kelompok pertama untuk 10, 50, dan 90 % probabilitas kejadian kumulatif, yang masing masing mengilustrasikan persentasi dari total hujan untuk setiap kenaikan 10 % dari seluruh durasi hujan. Histogram 50 % merepresentasikan pola hujan kumulatif yang terjadi dalam lebih dari setengah kejadian hujan. Histogram 50 % ini sudah digunakan dalam ILLUDAS storm drainage simulation model oleh Terstriep dan Stall (1974).



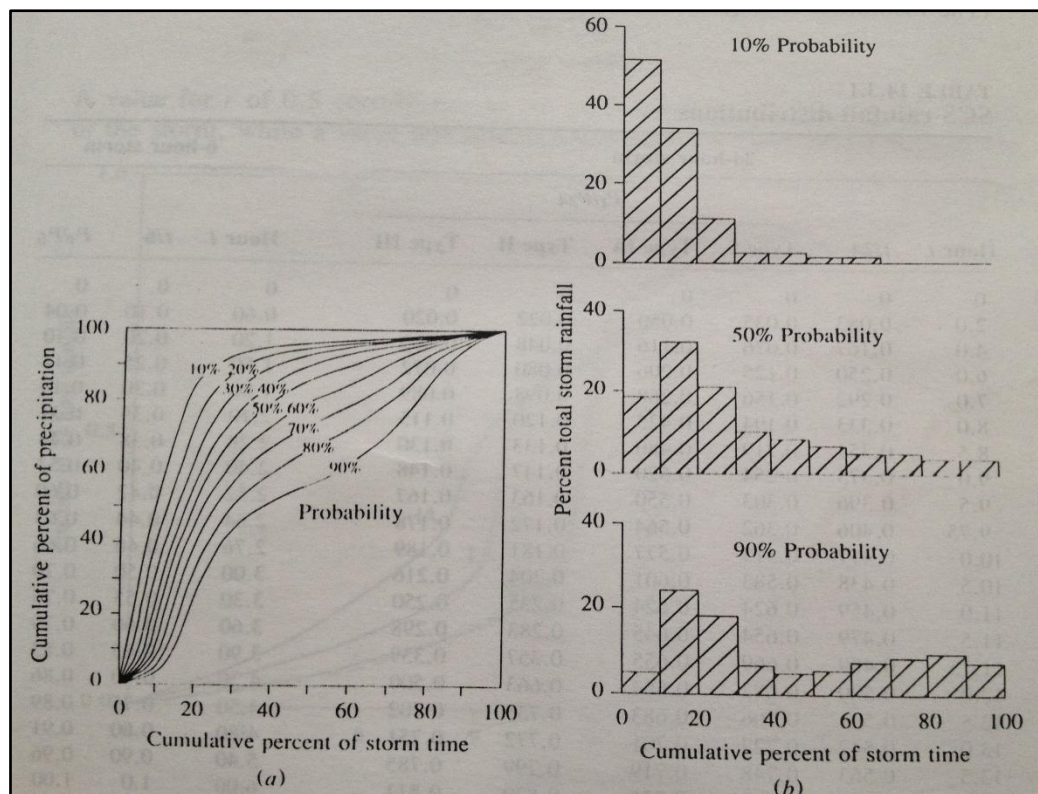
Gambar 1. Lokasi Penelitian

Tabel 1. Distribusi hujan di Jawa menurut Tadashi Tanimoto

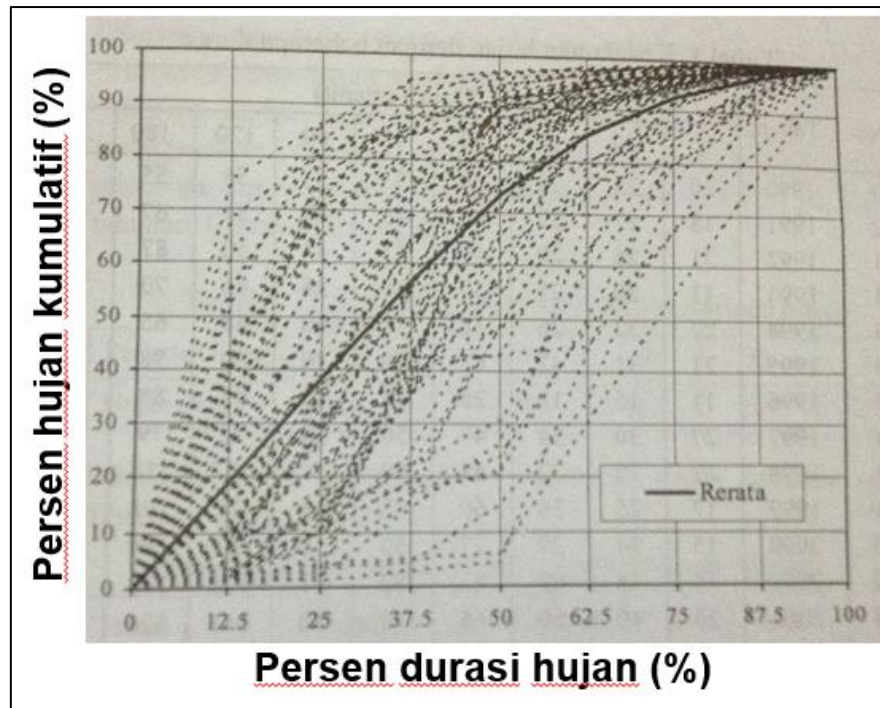
Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi	26	24	17	13	7	5.5	4	3.5
% Distribusi kumulatif	26	50	67	80	87	92.5	96.5	100



Gambar 2. Distribusi hujan Tadashi Tanimoto



Gambar 3. Pola Distribusi Huff. (a) Distribusi waktu dari hujan kelompok pertama. (b) Histogram terpilih dari kejadian hujan kelompok pertama



Gambar 4. Profil distribusi hujan DAS Cimanuk

U.S. Department of Agriculture, SCS (1986) membangun sebuah Hyetographs hujan sintetis untuk digunakan di Amerika dari kejadian hujan dengan durasi 6 dan 24 jam.

Pilgrim dan Cordery (1975) membangun sebuah metode analisis hyetograph yang didasarkan pada ranking dari interval waktu dalam setiap kejadian hujan dengan kedalaman hujan yang terjadi pada saat itu. Analisis dilakukan berulang ulang pada banyak kejadian hujan di daerah penelitian. Bentuk tipikal dari hyetograph bisa didapatkan dengan menjumlahkan ranking dari setiap interval. Pendekatan ini merupakan metode standard di Desain Hidrologik Australia (The Institution of Engineers Australia, 1987).

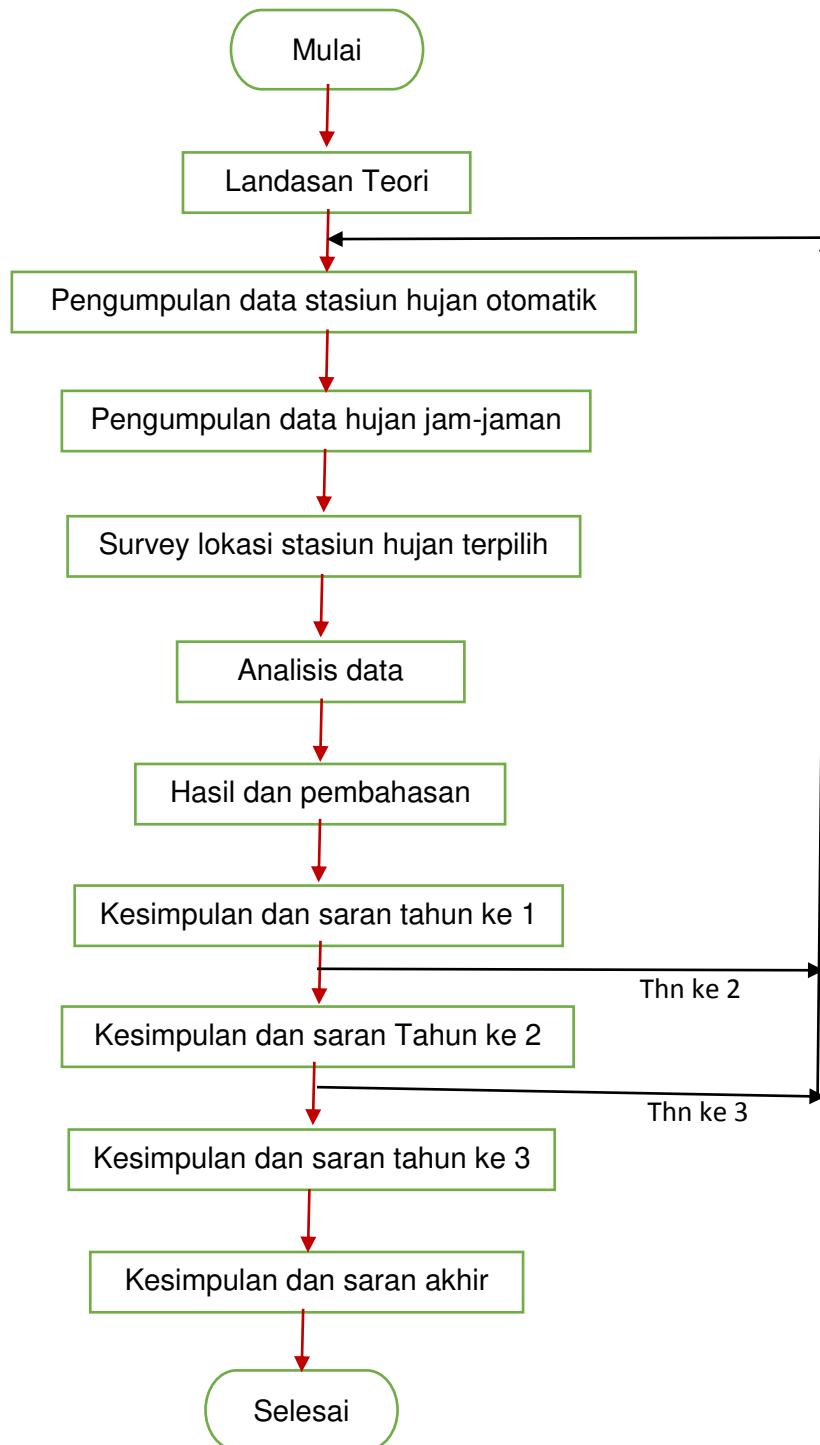
Prayoga (2004) melakukan penelitian pola hujan di DAS Cimanuk, Jawa Barat. Pola distribusi hujan didasarkan pada hujan deras yang tercatat oleh alat ukur hujan otomatis. Data hujan yang digunakan adalah yang mempunyai kedalaman hujan diatas 50 mm. yang diperkirakan setara dengan periode ulang 1 tahunan. Kemudian semua data dianalisis untuk mendapatkan frekwensi kejadian dari masing masing durasi hujan. Dari hasil analisis frekwensi kemudian ditetapkan durasi hujan tertentu sebagai durasi yang mewakili kondisi hujan yang sering terjadi di daerah penelitian. Selanjutnya data hujan jam-jaman ini dipresentasikan dalam bentuk persen kumulatif

kedalaman hujan, dan digambarkan dalam bentuk kurva profil hujan dan dibuat profil hujan rata ratanya seperti ditunjukkan pada gambar 4. Profil hujan rata rata tersebut merupakan pola distribusi hujan di lokasi studi, yang bisa dinyatakan dalam grafik nilai rata rata.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini direncanakan dilaksanakan selama tiga tahun, dengan pembagian sebagai berikut: a). Tahun pertama, meneliti pola hujan daerah Manado dan sekitarnya. Dipilih stasiun hujan otomatis yang ada di daerah Manado dan sekitarnya (sudah dilaksanakan). b). Tahun kedua penelitian dilakukan di daerah Kabupaten Minahasa Selatan dan Minahasa Tenggara. Stasiun hujan otomatis yang akan digunakan adalah stasiun yang berada di daerah itu. C). Tahun ketiga, penelitian dilakukan di daerah Bolaang Mongondow, dengan mengambil data dari stasiun hujan otomatis di daerah itu.

Metode penelitian meliputi pengumpulan data stasiun hujan otomatis di daerah studi, survey lokasi stasiun hujan terpilih, pengumpulan data hujan jam-jaman dari semua stasiun hujan terpilih, dan melakukan analisis data untuk mendapatkan pola hujan daerah penelitian. Bagan alir penelitian ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Bagan alir penelitian

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan diawali dari penseleksian data curah hujan, pengolahan data, hingga didapat histogram pola distribusi hujan jam – jamannya.

Seleksi Kejadian Hujan

Kejadian hujan adalah waktu dimana terjadinya hujan dalam jam, atau menit. Berikut adalah contoh penseleksian kejadian hujan:

TABEL HUJAN JAM - JAM-AN (MM)

	H.O	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kejadian hujan < 50 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,5	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	3,2	28,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kejadian hujan > 50 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	59,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	30,0	10,4	9,2	0,0	0,0	0,0
	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	3,6	0,9	0,0
	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Gambar 6. Contoh Data Kejadian Hujan
Sumber : BWWS I

Tabel 2. Resume Kejadian Hujan yang Terpilih

ARR Tumani, Tomposo Baru													
NO	Tanggal	WAKTU	JAM-KE										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	03-12-1991	13.00-23.00		0.6	4.0	23.7	10.7	9.3	1.1	9.7	2.8	0.1	0.2
2	04-02-1992	13.00-17.00		5.1	34.3	30.0	13.7						
3	08-03-1993	14.00-17.00		20.0	32.0	0.8							
4	06-03-1994	13.00-17.00		1.0	20.0	35.0	3.7						
5	30-03-1994	15.00-17.00		30.0	25.0								
6	03-02-1995	12.00-14.00		20.1	30.0								
7	27-02-1995	10.00-12.00		32.0	29.0								
8	17-04-1995	14.00-17.00		31.0	48.0	1.4							
9	29-04-1995	16.00-19.00		21.3	20.0	21.3							
10	14-06-1995	15.00-18.00		0.9	35.1	29.2							
11	22-06-1995	13.00-16.00		20.0	30.0	30.4							
12	26-07-1995	14.00-16.00		30.8	26.0								
13	24-09-1995	14.00-16.00		32.0	24.0								
14	11-10-1995	14.00-17.00		40.0	30.0	6.4							
15	25-11-1995	14.00-18.00		20.0	30.0	0.4	1.1						
16	25-03-1996	12.00-16.00		2.0	10.0	20.0	20.0						
17	29-03-1996	12.00-14.00		34.0	40.0								
18	31-03-1996	13.00-16.00		28.0	15.0	15.0							
19	24-04-1996	12.00-14.00		49.7	50.0								
20	11-05-1996	15.00-18.00		8.9	40.0	30.0							
21	15-02-2006	12.00-16.00		4.9	15.9	28.5	12.5						
22	13-06-2006	12.00-15.00		25.0	37.0	10.0							
23	14-11-2006	18.00-22.00		10.0	15.0	17.0	15.0						
24	15-12-2006	20.00-24.00		29.3	10.0	15.0	5.0						
25	10-03-2007	13.00-17.00		54.0	1.2	1.6	0.2						
26	20-04-2008	12.00-17.00		6.2	9.2	9.3	27.0	8.4					
27	03-05-2008	16.00-19.00		7.2	45.0	6.1							
28	26-07-2008	12.00-19.00		2.5	18.0	6.0	21.0	9.0	9.0	1.3			

ARR Buyat											
NO	Tanggal	WAKTU	JAM-KE								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	08-12-2010	15.00-23.00		54.3	3.5	1.3	0.4	0.3	5.8	0.6	0.1

ARR Noonqan									
NO	Tanggal	WAKTU	JAM-KE						
			1	2	3	4	5	6	7
1	09-09-2010	10.00-16.00		5.5	20.0	20.0	5.0	3.0	0.9

Sumber : Hasil Analisis

Dari gambar di atas dapat dilihat, kejadian hujan yang diwarnai merah adalah kejadian hujan dengan kedalaman hujan < 50 mm, dan kejadian hujan yang diwarnai biru adalah kejadian hujan dengan kedalaman hujan ≥ 50 mm. Dengan demikian pada tahap penseleksian kejadian hujan ini, data kejadian yang digunakan hanya kejadian yang diwarnai biru, dan hal ini dilakukan juga pada data kejadian yang lain, yang kemudian data-data kejadian tersebut didaftar menjadi satu. Resume kejadian hujan terpilih ditunjukkan pada table 2

Akumulasi Kedalaman Hujan

Akumulasi kedalaman hujan dilakukan berdasarkan hasil resume hujan terpilih pada Tabel 2. Kejadian – kejadian hujan terpilih selanjutnya diakumulasikan kedalaman hujannya per kejadian hingga kejadian tersebut memiliki jumlah jam yang sama dengan jumlah jam pada

kejadian yang memiliki jam terpanjang. Pada penelitian ini kejadian yang memiliki jam terpanjang adalah kejadian di stasiun ARR Tumani-Tompaso Baru pada tanggal 3 Desember 1991 dengan jumlah jam yaitu 10 jam, sehingga seluruh kejadian hujan terpilih akan di akumulasikan hingga 10 jam.

Berikut adalah contoh perhitungan untuk pengakumulasian kedalaman hujan dalam satu kejadian. Diambil kejadian pada tanggal 3 Desember 1991 di stasiun Tumani-Tompaso Baru dengan data kedalaman hujan seperti pada tabel 3.

Setelah data kedalaman hujan pada tabel 3. diakumulasikan maka akan dihasilkan seperti pada tabel 4. Perhitungan ini dilakukan pada seluruh kejadian hujan yang terpilih, untuk hasil dari seluruh kejadian hujan terpilih yang telah diakumulasikan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 3. Contoh Kedalaman Hujan

Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kedalaman (mm)	0.6	4.0	23.7	10.7	9.3	1.1	9.7	2.8	0.1	0.2

Sumber : BWS-Sulawesi 1

Tabel 4. Contoh kedalaman komulatif

Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kedalaman (mm)	0.6	4	23.7	10.7	9.3	1.1	9.7	2.8	0.1	0.2
Kedalaman Kumulatif (mm)	0.6	4.6	28.3	39	48.3	49.4	59.1	61.9	62	62.2

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5. Akumulasi Kejadian Hujan Terpilih

NO	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1		0.6	4.6	28.3	39.0	48.3	49.4	59.1	61.9	62.0	62.2
2		5.1	39.4	69.4	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1
3		20.0	52.0	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8
4		1.0	21.0	56.0	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7
5		30.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
6		20.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
7		32.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0
8		31.0	79.0	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4
9		21.3	41.3	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6
10		0.9	36.0	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2
11		20.0	50.0	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4
12		30.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8
13		32.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0
14		40.0	70.0	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4
15		20.0	50.0	50.4	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5
16		2.0	12.0	32.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0
17		34.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
18		28.0	43.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0
19		49.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
20		8.9	48.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9
21		4.9	20.8	49.3	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8
22		25.0	62.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
23		10.0	25.0	42.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
24		29.3	39.3	54.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3
25		54.0	55.2	56.8	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
26		6.2	15.4	24.7	51.7	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1
27		7.2	52.2	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3
28		2.5	20.5	26.5	47.5	56.5	65.5	66.8	66.8	66.8	66.8
29		54.3	57.8	59.1	59.5	59.8	65.6	66.2	66.3	66.3	66.3
30		5.5	25.5	45.5	50.5	53.5	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4
Σ		626.3	1373.5	1731.9	1867.2	1897.2	1914.0	1925.6	1928.5	1928.6	1928.8

Sumber : Hasil Analisis

Rata-rata Kedalaman Hujan

Rata – rata kedalaman hujan dalam penelitian ini adalah nilai rata – rata dari keseluruhan kedalaman hujan pada kejadian hujan terpilih, yang dapat dihitung dengan cara merata – ratakan kedalaman hujan tiap jam dari seluruh kejadian – kejadian hujan terpilih. Dalam penelitian ini dibuat 10 kedalaman hujan untuk setiap kejadian hujan yang ada, sehingga akan ada 10 data kedalaman hujan rata – rata. Kedalaman hujan rata – rata bisa didapatkan dengan menggunakan rumus berikut yaitu:

$$\bar{X}_t = \frac{1}{n} \sum X_t$$

dengan:

\bar{X}_t = Rata – rata kedalaman hujan pada jam ke- t

n = Banyaknya kejadian hujan

X_t = Kedalaman hujan pada jam ke- t

Berikut dapat dilihat contoh perhitungan kedalaman hujan rata – rata, yaitu akan dihitung kedalaman hujan rata – rata pada kolom X_1 dengan :

$$n = 30$$

$$\sum X_1 = 626.3$$

Maka kedalaman hujan rata – rata X_1 adalah :

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n} \sum X_1$$

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{30} \times (626.3)$$

$$\bar{X}_1 = 40.4 \text{ mm}$$

Selanjutnya perhitungan di atas dilakukan pada seluruh kedalaman hujan tiap jam. Untuk hasil dari keseluruhan perhitungan kedalaman hujan rata – rata terlampir pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata – rata Kedalaman Hujan

NO	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1		0.6	4.6	28.3	39.0	48.3	49.4	59.1	61.9	62.0	62.2
2		5.1	39.4	69.4	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1
3		20.0	52.0	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8
4		1.0	21.0	56.0	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7
5		30.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
6		20.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
7		32.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0
8		31.0	79.0	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4
9		21.3	41.3	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6
10		0.9	36.0	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2
11		20.0	50.0	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4
12		30.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8
13		32.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0
14		40.0	70.0	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4
15		20.0	50.0	50.4	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5
16		2.0	12.0	32.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0
17		34.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
18		28.0	43.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0
19		49.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
20		8.9	48.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9
21		4.9	20.8	49.3	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8
22		25.0	62.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
23		10.0	25.0	42.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
24		29.3	39.3	54.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3
25		54.0	55.2	56.8	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
26		6.2	15.4	24.7	51.7	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1
27		7.2	52.2	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3
28		2.5	20.5	26.5	47.5	56.5	65.5	66.8	66.8	66.8	66.8
29		54.3	57.8	59.1	59.5	59.8	65.6	66.2	66.3	66.3	66.3
30		5.5	25.5	45.5	50.5	53.5	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4
Σ		626.3	1373.5	1731.9	1867.2	1897.2	1914.0	1925.6	1928.5	1928.6	1928.8
Rata - rata		40.4	45.8	57.7	62.2	63.2	63.8	64.2	64.3	64.3	64.3

Sumber : Hasil Analisis

Perhitungan Bobot Massa

Perhitungan bobot massa adalah perhitungan untuk mencari nilai bobot kedalaman hujan pada jam ke-t. Bobot massa bisa didapatkan dengan cara mencari selisih dari rata – rata kedalaman hujan pada jam ke-t dengan rata – rata kedalaman hujan pada jam sebelumnya. Bobot massa dihitung dengan rumus berikut yaitu:

$$BM_t = \bar{X}_t - \bar{X}_{t-1}$$

dengan:

BM_t = Bobot Massa jam ke- t

\bar{X}_t = Rata – rata kedalaman hujan pada jam ke- t

\bar{X}_{t-1} = Rata-rata kedalaman hujan sebelum jam ke- t

Berikut dapat dilihat contoh perhitungan bobot massa, yaitu akan dihitung bobot massa pada kolom X_1 dengan :

$$\bar{X}_1 = 40.4 \text{ mm}$$

$$\bar{X}_{t-1} = 0 \text{ mm}$$

Maka bobot massa X_1 adalah :

$$BM_t = 40.4 - 0 = 40.4 \text{ mm}$$

Selanjutnya perhitungan diatas dilakukan pada seluruh kedalaman hujan rata – rata tiap jam. Untuk hasil dari keseluruhan perhitungan bobot massa kedalaman hujan rata – rata terlampir pada Tabel 7.

Tabel 7. Bobot Massa Kedalaman Hujan Rata – rata

NO	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1		0.6	4.6	28.3	39.0	48.3	49.4	59.1	61.9	62.0	62.2
2		5.1	39.4	69.4	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1
3		20.0	52.0	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8
4		1.0	21.0	56.0	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7
5		30.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
6		20.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
7		32.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0
8		31.0	79.0	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4
9		21.3	41.3	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6
10		0.9	36.0	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2
11		20.0	50.0	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4
12		30.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8
13		32.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0
14		40.0	70.0	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4
15		20.0	50.0	50.4	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5
16		2.0	12.0	32.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0
17		34.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
18		28.0	43.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0
19		49.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
20		8.9	48.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9
21		4.9	20.8	49.3	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8
22		25.0	62.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
23		10.0	25.0	42.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
24		29.3	39.3	54.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3
25		54.0	55.2	56.8	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
26		6.2	15.4	24.7	51.7	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1
27		7.2	52.2	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3
28		2.5	20.5	26.5	47.5	56.5	65.5	66.8	66.8	66.8	66.8
29		54.3	57.8	59.1	59.5	59.8	65.6	66.2	66.3	66.3	66.3
30		5.5	25.5	45.5	50.5	53.5	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4
Σ		626.3	1373.5	1731.9	1867.2	1897.2	1914.0	1925.6	1928.5	1928.6	1928.8
Rata - rata		40.4	45.8	57.7	62.2	63.2	63.8	64.2	64.3	64.3	64.3
Bobot Massa		40.4	5.4	11.9	4.5	1.0	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0

Sumber : Hasil Analisis

Persentase kedalaman hujan

Persentase kedalaman hujan adalah nilai persen dari bobot massa kedalaman hujan. Persentase kedalaman hujan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut yaitu :

$$P_t(\%) = \frac{BM_t}{BM_{TOTAL}} \times 100\%$$

dengan:

$P_t(\%)$ = Persentase kedalaman hujan pada jam ke- t

BM_t = Bobot Massa jam ke- t

BM_{TOTAL} = Total Bobot Massa seluruh jam

Berikut dapat dilihat contoh perhitungan persentase kedalaman hujan, yaitu akan dihitung persentase kedalaman hujan pada kolom X_1 dengan :

$$BM_1 = 40.4 \text{ mm}$$

$$BM_{TOTAL} = 64.3 \text{ mm}$$

Maka persentase kedalaman hujan X_1 adalah :

$$P_1(\%) = \frac{40.4}{64.3} \times 100\% = 62.85 \%$$

Selanjutnya perhitungan diatas dilakukan pada seluruh bobot massa hujan rata – rata tiap jam. Untuk hasil dari keseluruhan perhitungan persentase kedalaman hujan terlampir pada Tabel 8.

Tabel 8. Persentase Kedalaman Hujan

NO	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1		0.6	4.6	28.3	39.0	48.3	49.4	59.1	61.9	62.0	62.2
2		5.1	39.4	69.4	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1
3		20.0	52.0	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8	52.8
4		1.0	21.0	56.0	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7	59.7
5		30.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
6		20.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
7		32.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0	61.0
8		31.0	79.0	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4
9		21.3	41.3	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6	62.6
10		0.9	36.0	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2
11		20.0	50.0	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4
12		30.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8
13		32.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0	56.0
14		40.0	70.0	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4
15		20.0	50.0	50.4	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5
16		2.0	12.0	32.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0
17		34.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
18		28.0	43.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0
19		49.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
20		8.9	48.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9
21		4.9	20.8	49.3	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8	61.8
22		25.0	62.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
23		10.0	25.0	42.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
24		29.3	39.3	54.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3
25		54.0	55.2	56.8	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
26		6.2	15.4	24.7	51.7	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1	60.1
27		7.2	52.2	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3
28		2.5	20.5	26.5	47.5	56.5	65.5	66.8	66.8	66.8	66.8
29		54.3	57.8	59.1	59.5	59.8	65.6	66.2	66.3	66.3	66.3
30		5.5	25.5	45.5	50.5	53.5	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4
Σ		626.3	1373.5	1731.9	1867.2	1897.2	1914.0	1925.6	1928.5	1928.6	1928.8
Rata - rata		40.4	45.8	57.7	62.2	63.2	63.8	64.2	64.3	64.3	64.3
Bobot Massa		40.4	5.4	11.9	4.5	1.0	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0
Persentase(%)		62.85	8.36	18.58	7.01	1.56	0.87	0.60	0.15	0.01	0.01
Total											100.0

Sumber : Hasil Analisis

Pola Distribusi Hujan Jam-jaman

Pola distribusi hujan jam-jaman adalah hasil yang dituju dari penelitian ini, pola distribusi hujan jam-jaman diperoleh dari hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Dari hasil analisis yang telah dilakukan telah didapat persentase kedalaman hujan, persentase tersebut yang kemudian akan digambarkan histogramnya dan dibuat tabel distribusi hujannya.

Berikut adalah tabel distribusi hujan jam-jaman yang telah didapat dari hasil analisis yang telah dilakukan dengan menggunakan data hujan jam-jaman dari tiga stasiun penakar hujan otomatis yang berada di Minahasa Selatan dan Minahasa Tenggara.

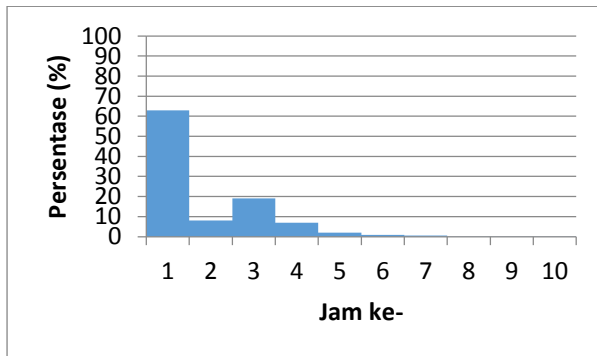
Tabel 9. Distribusi Hujan Hasil Analisis

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6 -10
% Distribusi Hujan	63	8	19	7	2	1
% Distribusi Hujan Kumulatif	63	71	90	97	99	100

Sumber : Hasil Analisis

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa pola hujan jam-jaman untuk hujan lebih dari 50 mm, durasinya selama 6 sampai 10 jam, dengan distribusi seperti ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Distribusi hujan daerah Minahasa Selatan dan Minahasa Tenggara

KESIMPULAN

1. Pola hujan daerah Minahasa Selatan dan Minahasa Tenggara, untuk hujan badai cenderung berdurasi 6 sampai 10 jam.
2. Distribusi tiap jam seperti pada tabel 10.
3. Bentuk distribusinya adalah advance.

Tabel 10. Distribusi hujan jam-jaman (%)

Jam Ke-	1	2	3	4	5	6 -10
% Distribusi Hujan	63	8	19	7	2	1

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi terapan*, Beta Offset, Yogyakarta, Indonesia.
- Beven K.J., 1989. *Changing ideas in hydrology: the case of physically-based models*, J Hydrol 105:157–172
- Calder I.R., 1992. *Hydrologic effects of land use change*. In: Maidment DR (ed) Handbook of hydrology. McGraw-Hill, Inc., New York.
- McCuen R.H., 2002. *Modeling hydrologic change: statistical methods*, Lewis Publishers.
- Refsgaard J.C., 1997. *Parameterisation, calibration and validation of distributed hydrological models*. J Hydrol 198:69–97.
- Sri Harto, 1993. *Analisis hidrologi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, Indonesia.
- United States Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service, 1986. *Urban hydrology for small watersheds*, TR 55. June.